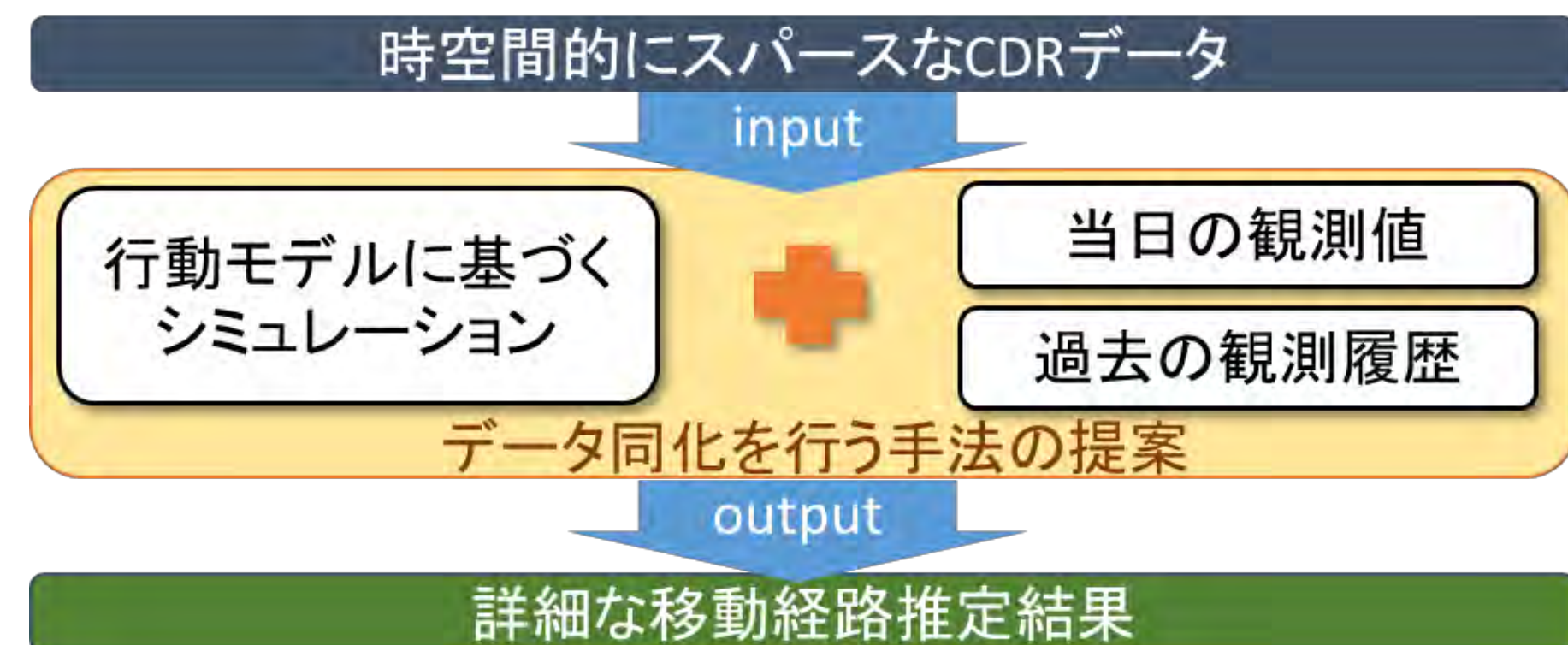


同化手法を用いた携帯基地局情報に基づく人の移動推定

長谷川瑤子、関本義秀、金杉洋、樫山武浩

研究の背景・目的

近年、多様な分野での人の流動データの活用を背景に、より詳細かつ即時性の高い交通状況の把握への需要が高まっている。特に携帯電話の通信時の記録であるCDRは、時空間的な解像度が位置情報としては比較的低い中、大規模かつ長期間なデータが取得しやすいことから活用が期待されている。本研究では、スパースなCDRデータセットにも適用可能な、長期間の観測履歴にみられる観測の規則性を反映した人の移動推定手法を提案することを目的とする。



推定手法

人の移動推定へのパーティクルフィルタの適用

多数のパーティクルの道路ネットワーク上の位置遷移を移動経路候補として、観測データとの同化で取捨選択を行いながらユーザの1日の移動経路を推定する。

状態ベクトル

$$x_{(i)}(t) = (n_{(i)}(t), m_{(i)}(t))^T$$

道路ネットワーク上のノード | 移動モード (stay, walk, vehicle) | 状態

(a) 初期化: 初期位置とモードの設定

(b) 予測: 移動モデルによる位置とモードの推定

(c) 観測 (尤度設定): 観測データとの比較と尤度計算

(d) フィルタリング (尤度に比例した復元抽出): 高尤度の経路の抽出

遷移モデル

$$x_{(i)}(t) = F(x_{(i)}(t-1))$$

$$F(x_{(i)}(t)) = \begin{pmatrix} n_{(i)}(t) + u(m_{(i)}(t)) \\ S(m_{(i)}(t)) \end{pmatrix}$$

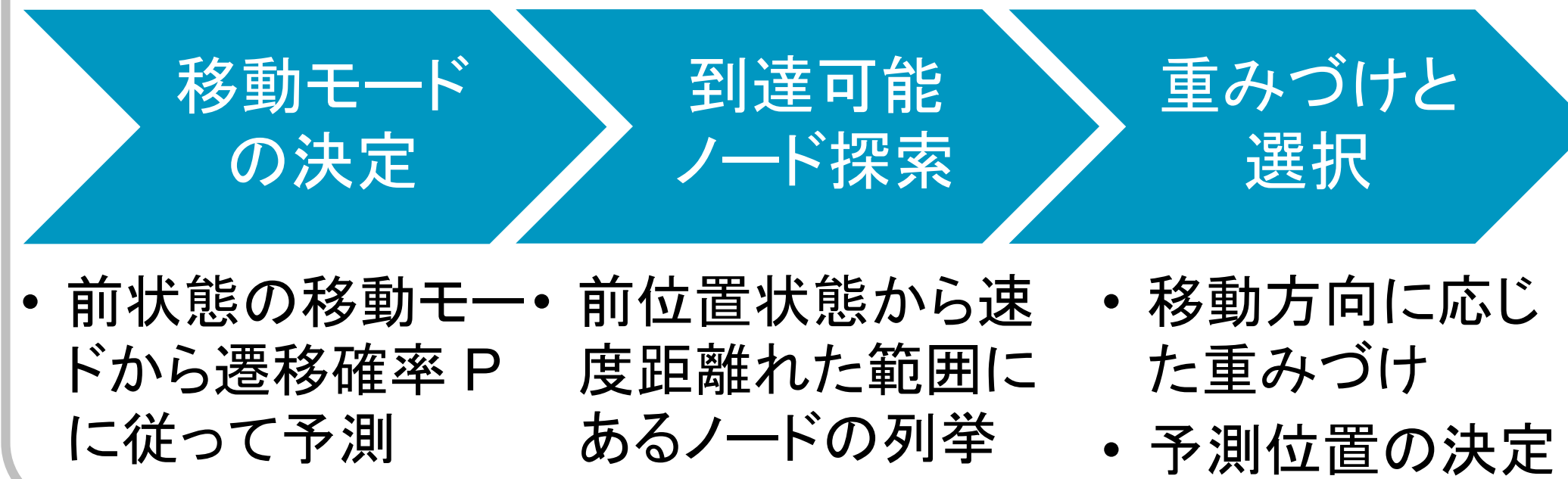
移動速度 | 遷移関数

尤度関数

$$W_{(i)}(t) = \frac{\text{当日観測}}{\delta_t(n_{(i)}(t))} \cdot \sum \text{過去の観測履歴}$$

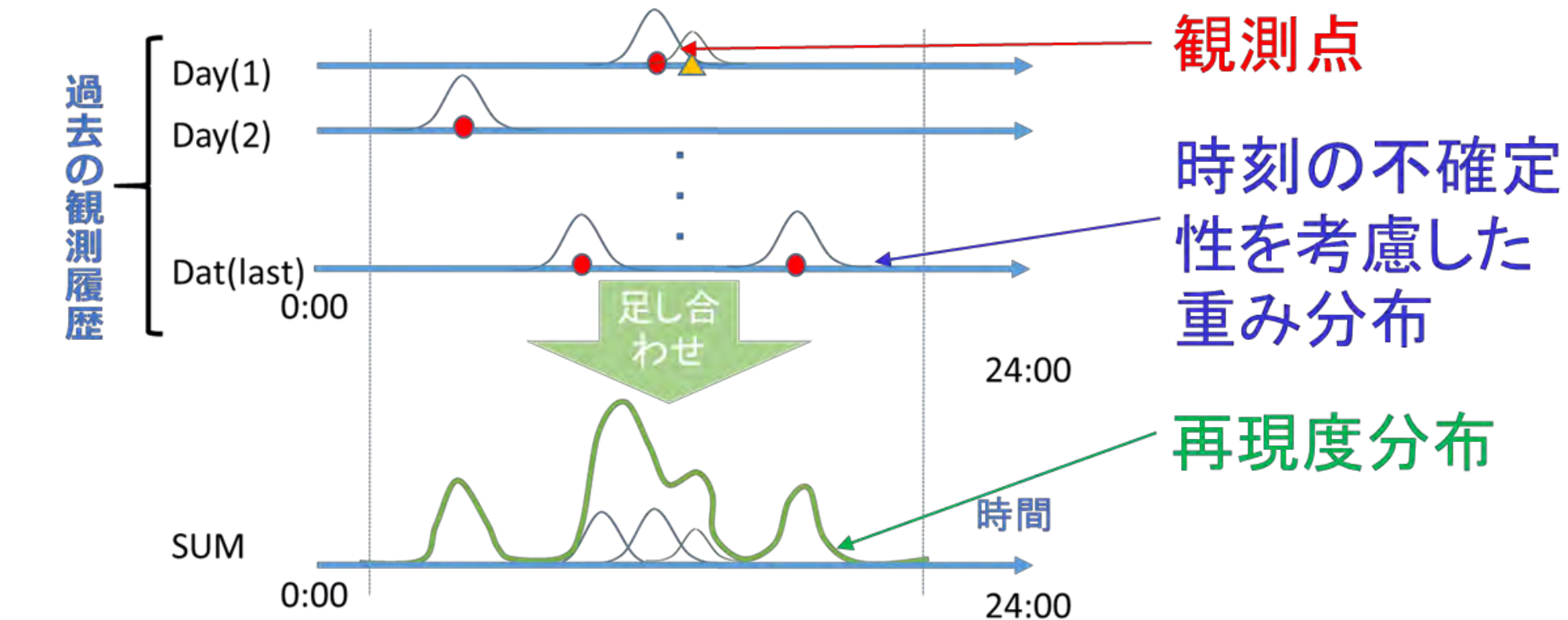
$$\delta_t(N) = \begin{cases} 1 & (N \text{ が観測基地局領域内}) \\ 0 & (\text{領域外}) \end{cases}$$

遷移フロー

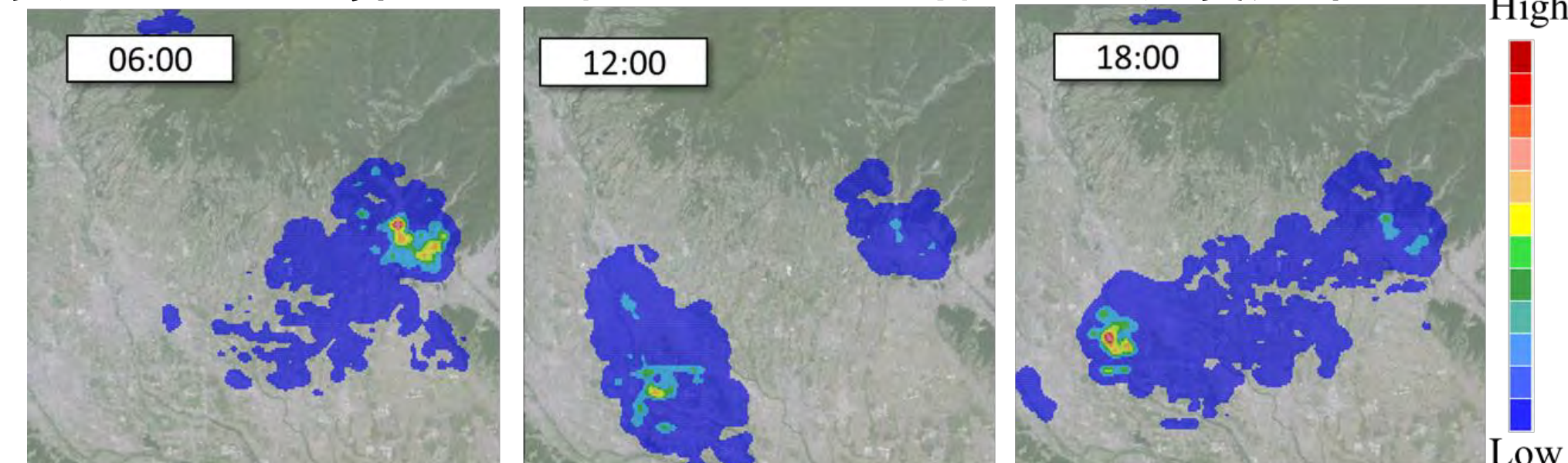


過去の観測履歴反映に用いる評価値の設定

時間的再現度 $r(t, n)$ をノードごと、時刻ごとに設定
: 三上ら(2010)の「時間的再現確率」を評価値として使用



実測CDRから算出した単一ユーザの時間的再現度分布図示例



本推定手法の特徴

- 推定対象日の観測データの密度によらず、よりスパースなCDRにも適用可能
- 当日の観測に尤もらしくありながら、過去の行動履歴の再現性が高い経路を推定

実験による検証

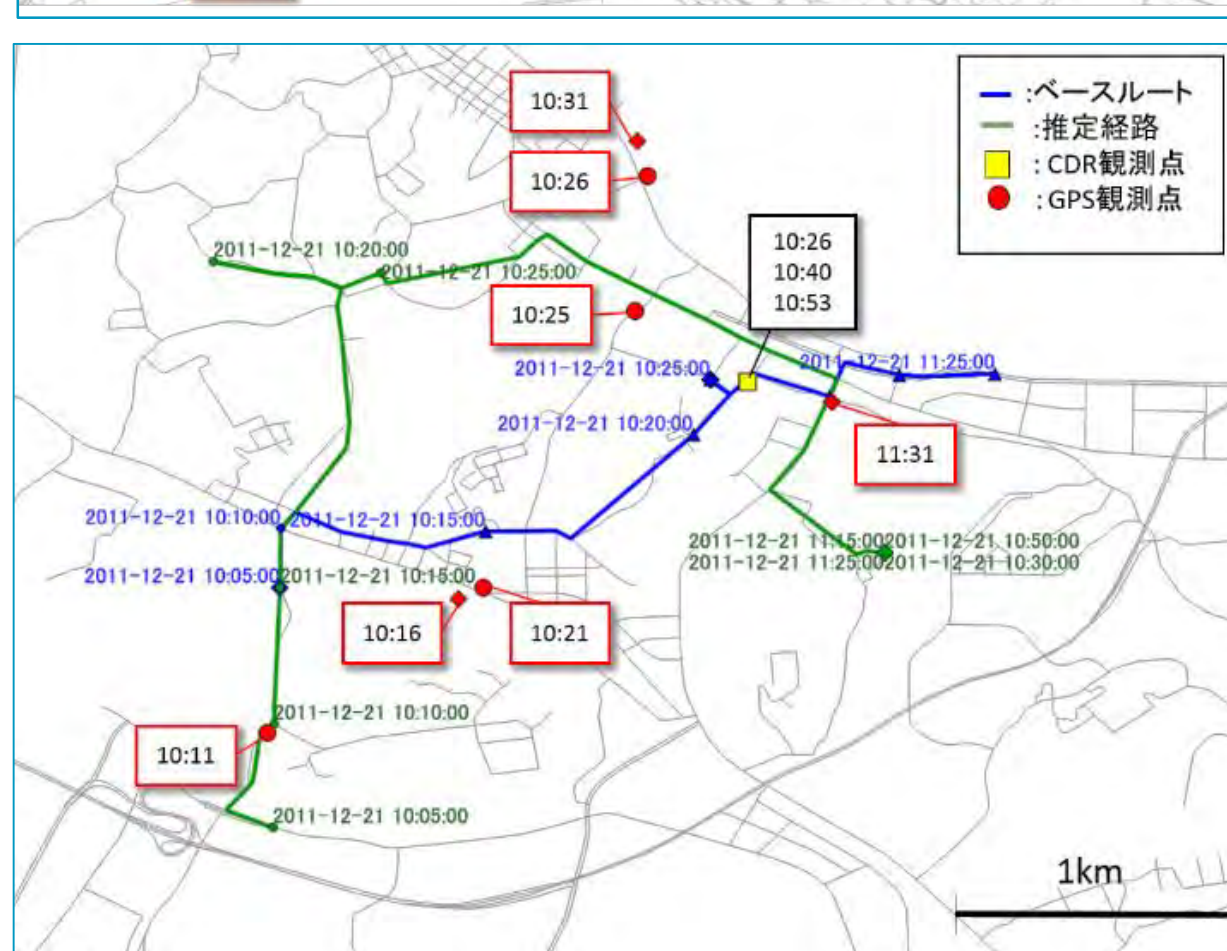
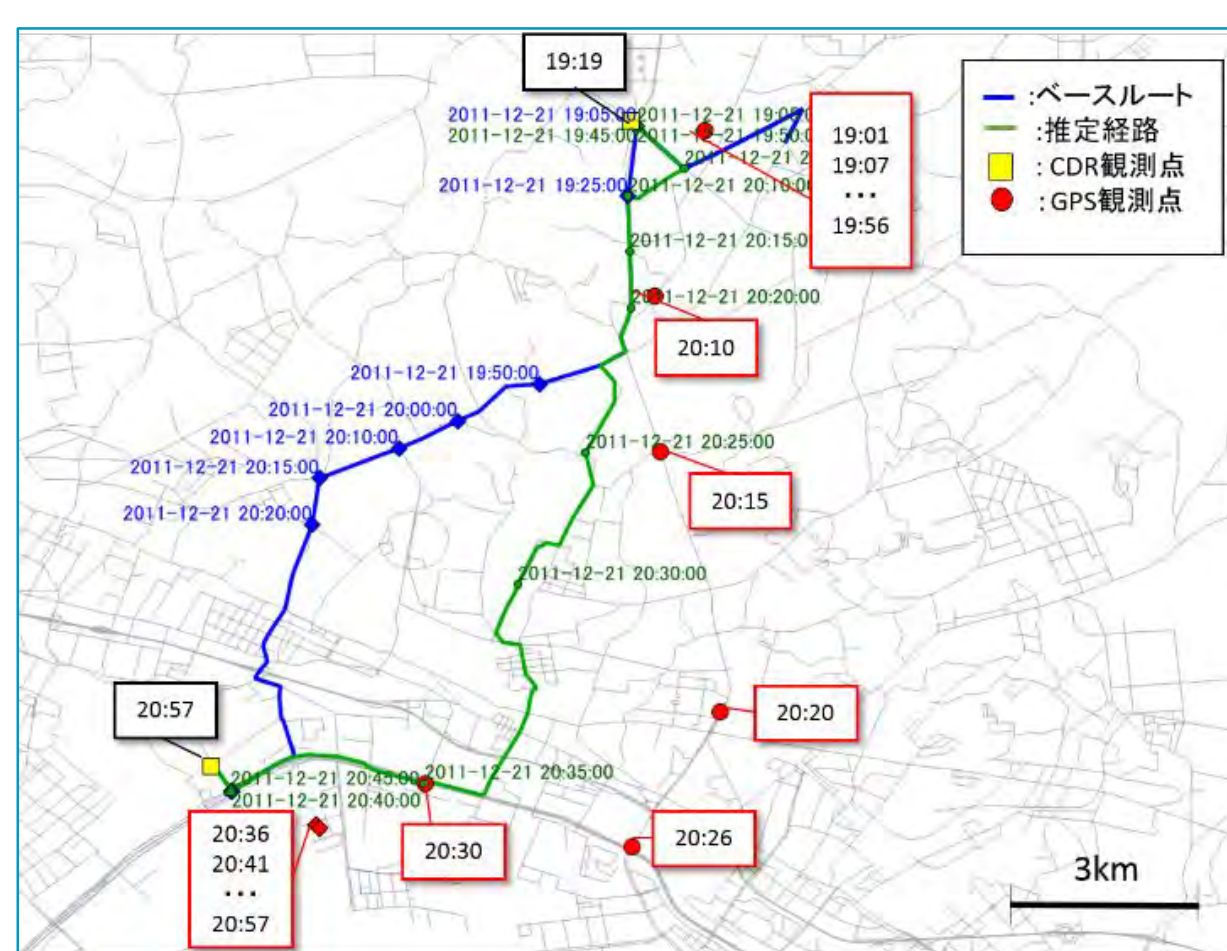
使用データ

- サンプルユーザ数: 17 (車を使用しないユーザ)
- 過去履歴データ: 2011/11/23~12/20のCDR
- 当日観測データ: 2011/12/21のCDR
- 道路ネットワークデータ: 日本全土主要道DRM

検証方法

- 平均通信間隔の異なるCDRデータセット(Default, 15min, 30min, 60min)を対象に推定
- GPS観測点との平均距離 d および滞在実態記録との一致率により評価
- 当日観測点間を最短経路で結んだ経路(ベースルート)と比較

主要パラメータ項目	設定値
タイムステップ Δt	5 min
活動開始時刻 t_{start}	06:00:00
活動終了時刻 t_{end}	22:00:00
移動モード遷移確率行列	
$P = \begin{pmatrix} p_{s \rightarrow s} & p_{s \rightarrow w} & p_{s \rightarrow v} \\ p_{w \rightarrow s} & p_{w \rightarrow w} & p_{w \rightarrow v} \\ p_{v \rightarrow s} & p_{v \rightarrow w} & p_{v \rightarrow v} \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 0.90 & 0.05 & 0.05 \\ 0.05 & 0.90 & 0.05 \\ 0.05 & 0.05 & 0.90 \end{pmatrix}$
パーティクル数	1000



GPS観測点との誤差が縮小(上図)および拡大(下図)する推定経路選択例

各平均通信間隔CDRデータでの推定結果評価値

		Default Ver.	15min Ver.	30min Ver.	60min Ver.
d	Base Route	1044m	1004m	1183m	1462m
	Estimated Route	1012m	1069m	1230m	1443m
滞在一致率		76.2%	75.5%	75.1%	72.1%

※ベースルートと比較して赤が精度向上、青が低下を示す

- 時間的側面のみでの滞在判定は72%を超える安定した精度をスパースなデータセットでも示すとともに、GPS観測点に対しても1.5km以下と比較的精度よく経路を推定する推定結果を得た。
- 推定精度のユーザ間の差は大きく、主に移動経路上での観測履歴の不足によってGPS観測とは乖離した経路を選択する場合もみられた。
- 経路選択における行動モデルと過去の観測パターンの反映の効果については、移動の規則性の高い等の条件を満たす少数のユーザについてのみ見られ、行動モデルにおける経路選択方法への改善による精度の向上が期待される。